

**DESAIN DAN PEMBUATAN PERKAKAS UNTUK PROSES FRICTION STIR
WELDING PADA MATERIAL ALUMINIUM 5052
DESIGN AND DEVELOPMENT TOOL FOR FRICTION STIR WELDING
PROCESS IN MATERIAL ALUMINUM 5052**

Tarmizi¹, Odi Buana Hutapea²

¹ Balai Besar Logam dan Mesin Bandung

² Jurusan Teknik Metalurgi, Unjani Bandung
tarmizi@kemenperin.go.id

Diterima : 05-05-2015 Direvisi : 11-06-2015 Disetujui : 08-07-11-2015

ABSTRAK

Pengelasan aduk friksi (*Friction Stir Welding*) merupakan proses penyambungan logam tanpa logam pengisi dan tanpa melelehkan logam induk. Sistem kerja dari FSW menggunakan peralatan silindris yang berputar (*rotating cylindrical tool*) dengan indenter untuk memanaskan material dengan gesekan. Pembuatan peralatan untuk proses FSW ini meliputi pemilihan bahan material, pengujian komposisi kimia, struktur mikro, mendesain perkakas, proses perlakuan panas pada perkakas, dan pengujian pada perkakas. Material perkakas yang digunakan baja AISI H13 atau SKD 61. Baja ini memiliki kombinasi kekuatan, ketahanan aus, dan ketangguhan yang sangat baik. Bentuk pin perkakas yang gunakan ialah segitiga, silinder, dan kerucut. Perkakas dipanaskan pada temperatur 1100°C ditahan selama 30 menit, didinginkan di oli. Kemudian material dipanaskan kembali pada temperatur 450°C ditahan 30 menit, didinginkan dalam tungku yang telah dimatikan. Hasil uji kekerasan yang dihasilkan setelah perlakuan panas sebesar 52,8 HRC. Struktur mikro setelah perlakuan panas terdapat karbida dan fasa martensit. Pada percobaan pengelasan didapatkan hasil yang optimum pada bentuk peralatan silinder dengan visual lasan yang sangat baik.

Kata kunci : Perkakas FSW, baja perkakas AISI H13, karbida krom

ABSTRACT

Friction Stir Welding is a process of joining metals without filler and without melting the base metal. The system uses the work of the FSW tool with a rotating cylindrical indenter to heat with friction material. Making tools for FSW process includes the selection of materials, testing the chemical composition, microstructure, tool design, heat treatment process on the tool, and testing tools. Materials used tool steel AISI H13 or SKD 61. This steel has a combination of strength, wear resistance, and excellent toughness. The shape of the pin tool is to use triangles, cylinders, and cones. Tool is heated at a temperature of 1100°C on hold for 30 minutes, cooled in oil. Then the material is heated at a temperature of 450°C back on hold 30 minutes, cooled in the furnace has been turned off. Hardness test results produced after heat treatment at 52.8 HRC. The microstructure after heat treatment are carbide and martensite phase. In the experiments showed that the optimum welding on cylindrical shape with a visual tool welds excellent.

Keywords : Tool FSW, Tool steel AISI H13, chromium carbide

PENDAHULUAN

Aluminium dan paduan aluminium termasuk logam ringan yang memiliki kekuatan tinggi, tahan terhadap karat. Aluminium memiliki keuletan yang baik pada kondisi yang dingin dan memiliki daya tahan korosi yang

tinggi. Logam ini dipakai secara luas dalam bidang transportasi, kimia, listrik, bangunan dan alat-alat penyimpanan. Aluminium dan paduannya memiliki sifat mampu las (*weldability*) yang kurang baik dan bisa disebut buruk daripada jenis logam yang lainnya. Hal ini disebabkan oleh sifat aluminium itu sendiri sebagai

konduktifitas panas yang tinggi, koefisien muai yang besar, reaktif dengan udara membentuk lapisan aluminium oksida serta berat jenis dan titik cairnya yang rendah.

Aluminium terdiri dari beberapa kelompok yang dibedakan berdasarkan paduan penyusunnya. Penambahan paduan ini akan menghasilkan sifat yang berbeda pula. Aluminium seri 5052 merupakan paduan aluminium (Al) dengan magnesium (Mg), paduan ini mempunyai sifat *corrosion resistance* yang baik, tetapi memiliki sifat mekanis yang cukup tinggi yaitu tegangan tarik maksimum 228 MPa dan tegangan luluh 193 MPa. Material jenis ini banyak sekali digunakan untuk aplikasi pada temperatur rendah (kapal), pesawat terbang, peralatan rumah tangga dan struktur otomotif.

Pada umumnya penyambungan aluminium dilakukan dengan menggunakan proses pengelasan *gas tungsten arc welding* (GTAW) atau *gas metal arc welding* (GMAW). Aluminium mempunyai *weldability* yang buruk dari pada baja dikarenakan lapisan oksida pada permukaan aluminium yang menjadi pelindung terhadap korosi. Masalah yang timbul pada pengelasan aluminium tersebut akan diatasi dengan pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW), karena pengelasan ini tidak menggunakan busur las (Adit, 2012)

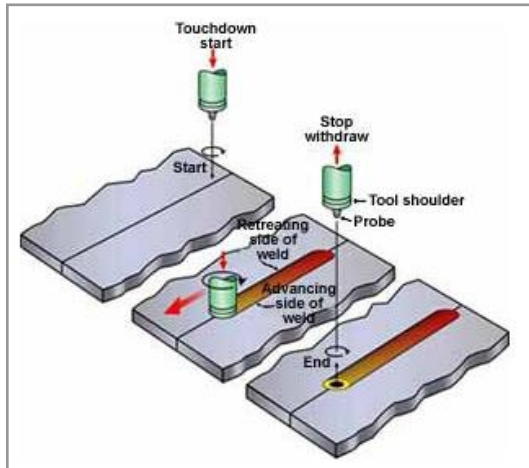
Metoda FSW ditemukan oleh W.Thomas dan rekan-rekannya dari The Welding Institute (TWI), Cambridge pada tahun 1991. Metode pengelasan ini telah banyak digunakan dalam industri pesawat terbang, otomotif, perkapalan dan industri komersial lainnya karena memiliki beberapa kelebihan dibandingkan pengelasan konvensional lainnya. Kelebihan-kelebihan itu diantaranya proses pengelasan ini memiliki tingkat distorsi yang rendah, tidak memerlukan logam pengisi, tidak memerlukan gas bertekanan dan tidak menghasilkan asap, selain itu cacat-cacat pengelasan seperti porositas dan retak panas tidak dijumpai dalam proses pengelasan ini (Yustiasih, P dan Soep).

Alumunium seri 5052 merupakan logam yang banyak digunakan di industri kedirgantaraan, namun termasuk logam yang sulit untuk disambung dengan pengelasan. *Friction stir welding* merupakan metode pengelasan baru yang dapat menjadi solusi untuk masalah tersebut. Untuk itu perlu dipelajari tentang bentuk dan dimensi yang tepat untuk tool yang bisa digunakan untuk FSW, selain masalah yang terdapat pada pengelasan di atas, penelitian ini juga dilakukan untuk mengetahui berbagai permasalahan tentang pemilihan material tool yang sesuai untuk *friction stir welding* pada alumunium 5052 sehingga menghasilkan kualitas lasan yang optimum serta perlakuan material yang tepat dalam merancang pembuatan tool *friction stir welding*.

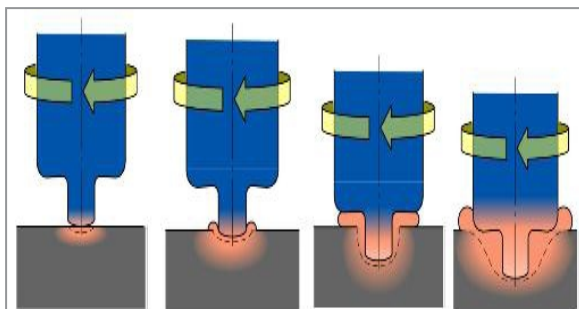
Pengelasan FSW merupakan proses penyambungan logam tanpa *filler* dan tanpa meleleh. Proses penyambungan logam terjadi pada fase padat karena berlangsung pada temperatur dibawah titik lebur (maksimal 0.8 titik lebur) dari material yang akan disambung (Dawes dan Thomas, 1996). Metode ini digunakan agar karakteristik dari logam induk tidak banyak berubah. Proses ini banyak digunakan pada material khususnya aluminium yang biasanya harus di *heat treatment* terlebih dahulu sebelum melakukan pengelasan, jika pengelasan dilakukan dengan busur las (*arc welding*). FSW (*friction stir welding*) merupakan sebuah metode pengelasan yang telah ditemukan dan dikembangkan oleh Wayne Thomas untuk benda kerja alumunium dan *alumunium alloy* pada tahun 1991 di TWI (*The Welding Institute*) di Inggris.

Proses FSW menggunakan *rotating cylindrical tool* dengan *indentor* untuk memanaskan material dengan gesekan. Perkakas berputar, menggesek material, dan berjalan sepanjang garis las. Akibat gesekan tersebut maka material akan tersambung menjadi satu seperti pada Gambar 1. Prinsip kerja suhu pengelasan metode ini adalah 70% hingga 90% dari titik lebur aluminium, jauh lebih rendah dibandingkan GMAW yang 660°C. Dengan

adanya suhu yang lebih rendah ini, maka akan menghasilkan daerah HAZ yang minim dan akan mengurangi tingkat *ductility* dibandingkan metode GTAW. Metode *friction stir welding* ini juga minim distorsi dibandingkan GMAW (Van Haver, 1995).



Gambar 1. Prinsip *friction stir welding*^[2]



Gambar 2. Skema proses FSW(ESAB)

Tahapan Proses pengelasannya seperti pada Gambar 2 adalah sebagai berikut : Pin memutar dan menekan material lalu *shoulder* terkena permukaan benda kerja sampai *probe* berada di dalam permukaan benda kerja. Pada kondisi perkakas berada didalam benda kerja (benda kerja berada pada kondisi plastis karena pemanasan akibat dari sentuhan gesekan antara *shoulder* dengan permukaan benda kerja). Kemudian perkakas bergerak mundur dan terjadi proses penyatuan material (*joining process*). Ketika proses selesai, perkakas diangkat dengan cara memutar. Setelah terangkat akan membentuk "hole" pada benda kerja.

Proses penyambungan terjadi dengan pelunakan *base metal* akibat input panas yang dihasilkan dari gesekan antara pin beserta *shoulder* dengan *base metal*. Panas ini bersama panas yang dihasilkan oleh proses pencampuran mekanis dan panas adiabatik dalam material, menyebabkan material adukan untuk melunak tanpa mencapai titik lelehnya. Dengan kombinasi antara gerak rotasi dan gerak translasi perkakas menyebabkan material yang lunak tersebut berpindah dari sisi depan pin menuju sisi belakang pin dengan menerima tekanan tanpa dari pin dan *shoulder*, sehingga terbentuklah sambungan las (*weld joint*).

Hal yang harus diperhatikan dalam merancang perkakas yang akan digunakan adalah pemilihan material yang akan digunakan, beberapa karakter material yang harus dipenuhi sebuah perkakas adalah : memiliki titik cair lebih tinggi dari benda yang akan dilas, memiliki kekuatan disuhu ruang dan tinggi pada saat proses pengelasan, tahan gesek dan aus, material yang digunakan tidak bereaksi dengan benda kerja yang dilas, memiliki ketangguhan yang baik, mampu mesin yang baik, homogen secara mikrostruktur dan masa jenis dan tersedia luas dipasaran.

Selain itu ada 3 fungsi dari perkakas, yaitu : Memanaskan benda kerja dengan gesekan dan gaya yang diberikan, memindahkan material yang sudah semi cair ke lokasi baru untuk menghasilkan sambungan dan sebagai penahan material panas yang berada di bawah *shoulder*.

Panas yang terjadi membuat material yang ada disekitar *probe* menjadi melunak dan akibat adanya gerak rotasi dan translasi dari perkakas material yang ada di depan *probe* bergerak kebelakang *probe* dan ini terjadi terus menerus selama gerak translasi berlangsung dan menghasilkan sambungan yang diinginkan.

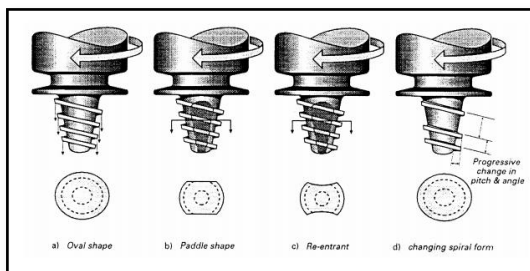
Adapun bagian utama dari *shoulder* seperti terlihat pada Gambar 3 terdiri atas dua bagian yaitu : pertama *shoulder* adalah bagian yang membangun panas dengan gesekan yang dilakukan terhadap benda

kerja, bagian ini juga yang menjadi penahan material panas yang ada dibawahnya. Disamping itu bagian ini yang memberikan gaya *vertical* kearah benda kerja yang menjaga kondisi perkakas kontak dengan benda kerja. Sedangkan yang kedua *pin/probe* adalah bagian yang melakukan penetrasi ke dalam benda kerja, dimana bagian perkakas ini adalah bagian yang mengaduk material atau mengalirkan material yang sudah melunak akibat panas yang dihasilkan *shoulder*, sehingga dapat menciptakan suatu sambungan antara dua material.



Gambar 3. Tool friction stir welding
(Kurokawa, 2012)

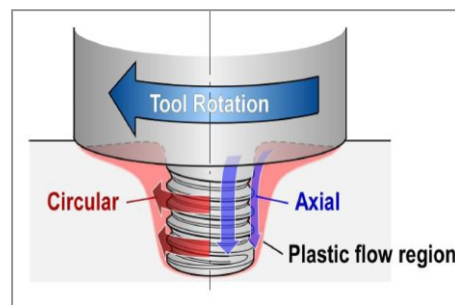
Selanjutnya adalah ukuran dari perkakas, diameter *shoulder*, diameter *probe*, panjang *probe* dan panjang perkakas secara keseluruhan diatur sesuai dengan proses yang diinginkan yaitu ketebalan benda kerja, kekuatan sambungan dan *clearance* antar benda kerja seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Bagian tool friction stir welding
(Kurokawa, 2012)

Pada saat proses FSW dilakukan, terdapat gaya-gaya yang bekerja pada perkakas yang disebabkan oleh putaran perkakas dan gesekan dengan benda kerja

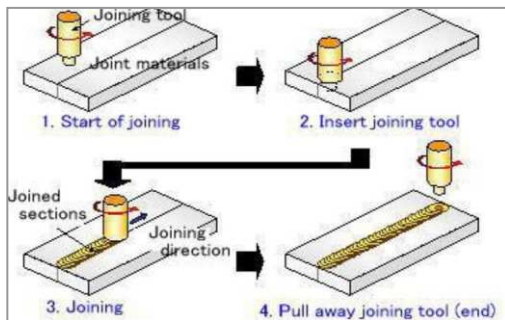
seperti pada Gambar 5, yaitu : *Downward forces* merupakan gaya yang diberikan mesin kepada perkakas yang lalu diteruskan kebenda kerja dan berfungsi untuk menjaga kontak antara perkakas dengan benda kerja sehingga tingkat penetrasi dan panas yang dihasilkan tetap terjaga selama proses berlangsung. *Traverse forces* adalah gaya yang bekerja paralel dengan gerakan translasi dari perkakas, dan merupakan gaya positif yang dihasilkan akibat gerakan translasi dari perkakas itu sendiri. *Lateral forces* adalah gaya yang bekerja tegak lurus dengan arah gerak translasi dari perkakas, hal ini timbul karena adanya kemiringan dari perkakas. *Torque* adalah sejumlah gaya yang timbul akibat adanya gerak putar perkakas dan resistansi material pada saat proses FSW berlangsung.



Gambar 5. Arah putaran Tool friction stir welding (Andri, 2012)

Siklus dari proses FSW dapat dibagi-bagi menjadi beberapa langkah dimana pada masing-masing langkah memiliki aliran panas dan *thermal profile* yang berbeda-beda, siklus-siklus tersebut seperti terlihat pada Gambar 6 adalah *Dwell Time*, pada langkah proses pemanasan awal dilakukan pada benda kerja dengan cara membiarkan perkakas berputar tanpa gerak translasi (*stationery*). Pada langkah ini material yang ada dibawah perkakas siap bergerak translasi sepanjang *join line*. Biasanya pada langkah ini juga proses penetrasi *probe/pin* dimulai. *Transient Heating*, pada saat perkakas mulai untuk bergerak translasi biasanya ada saat pemanasan sementara dimana pada saat itu panas yang diciptakan dan suhu pada

sekitar perkakas menjadi tidak stabil dan bergerak hingga menjadi *steady state* pada saat perkakas sudah mulai bergerak. *Pseudo Steady State*, walaupun pada saat proses berlangsung terjadi fluktuasi suhu pada area sekitar perkakas tetapi secara *thermal* pada area tersebut sudah konstan paling tidak secara mikrostruktur. *Post Steady State*, pada saat menjelang akhir dari proses pengelasan, panas akan meningkat pada sekitar *tool*.

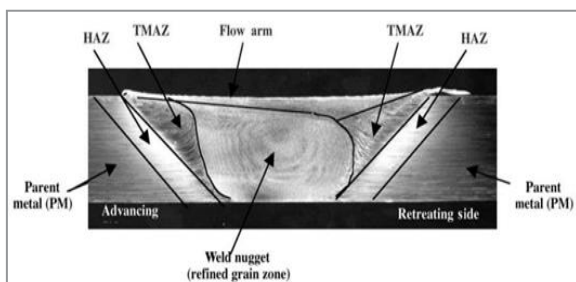


Gambar 6. Siklus proses *Friction Stir Welding* (Andri, 2012)

Pengelasan dengan metode *friction stir welding* akan menghasilkan hasil lasan yang baik di mana *base metal* tidak akan bengkok (melengkung) karena terdeformasi seperti pada pengelasan yang menggunakan *arc welding* seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Perbedaan hasil lasan antara *arc welding* dan *FSW* (American Bureau of Shipping Incorporated by Act of Legislature of the State of New York, 1862)

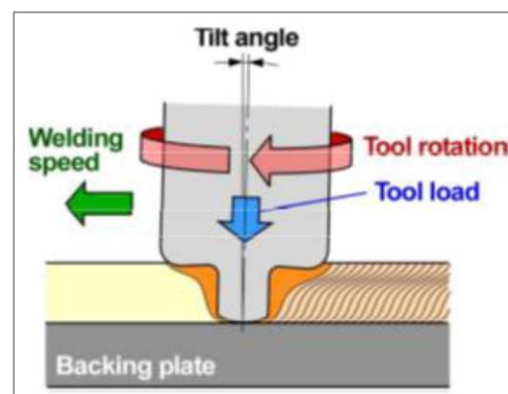


Gambar 8. Heat Zone Hasil *Friction Stir Welding* (R. Rai, A, d

Struktur makro hasil pengelasan FSW dapat dibagi dalam beberapa daerah seperti pada Gambar 8, yaitu : *Base metal/ Parent Metal* merupakan bagian dari *base metal* yang tidak terkena pengaruh panas yang dihasilkan selama proses FSW berlangsung. *Heat Affected Zone* (HAZ), merupakan daerah yang paling dekat dengan lokasi pengelasan, material pada area ini sudah mengalami siklus *thermal* yang menyebabkan perubahan struktur mikro dan sifat mekanik dari *basemetal*. *Thermo Mechanically Affected Zone* (TMAZ), merupakan daerah yang terdeformasi plastis oleh perkakas dan panas pada area ini dihasilkan pada proses pengelasan juga membawa pengaruh terhadap material.

Pada material aluminium panas tersebut memungkinkan untuk menghasilkan regangan plastis tanpa adanya proses rekristalisasi, dan biasanya ada batas yang jelas yang membedakan antara area rekristalisasi (*weld nugget*) dan area TMAZ yang terdeformasi. *Flow Arm Zone* adalah area yang terseret adukan oleh *shoulder* yang menjadi batas pengelasan dari *friction stir welding*. *Weld Nugget/Weld Metal* adalah area yang secara utuh mengalami rekristalisasi atau terkadang area ini disebut juga dengan *stir zone*. Area ini merupakan area yang menghasilkan sambungan akibat gerakan perkakas.

Berikut ini adalah parameter atau batasan-batasan dalam pengelasan *friction stir welding* (FSW) seperti pada Gambar 9 di bawah, yaitu :



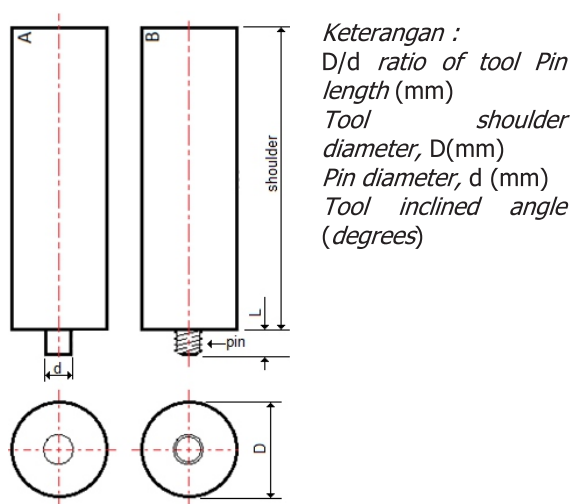
Gambar 9. Parameter proses FSW (Yustiasih, P dan Soep)

Rotational speed (rpm) adalah kecepatan putaran *probe* per menit. Kecepatan putaran yang tinggi dapat meningkatkan *strain rate* dan dapat mempengaruhi proses rekristalisasi. Putaran yang tinggi menghasilkan temperatur yang tinggi dan tingkat pendinginan yang lambat pada FSW.

Welding speed (mm/s) memiliki peranan vital dalam menghasilkan sambungan las yang baik. *Ultimate tensile strength* dari Al 5052 dapat berkurang secara signifikan apabila *welding speed* dinaikkan. Dengan *welding speed* yang rendah akan menghasilkan sambungan dengan kuat tarik yang tinggi. Tetapi jika *welding speed* terlalu tinggi dari batas yang ditentukan maka akan timbul banyak cacat las.

Axial force (KN), Tekanan perkakas adalah gaya tekan perkakas ke dalam aluminium. Pada penelitian ini, gaya tekan digantikan dengan *shoulder depth plunge* (mm) karena pengukuran *axial force* sulit dilakukan dalam penelitian ini.

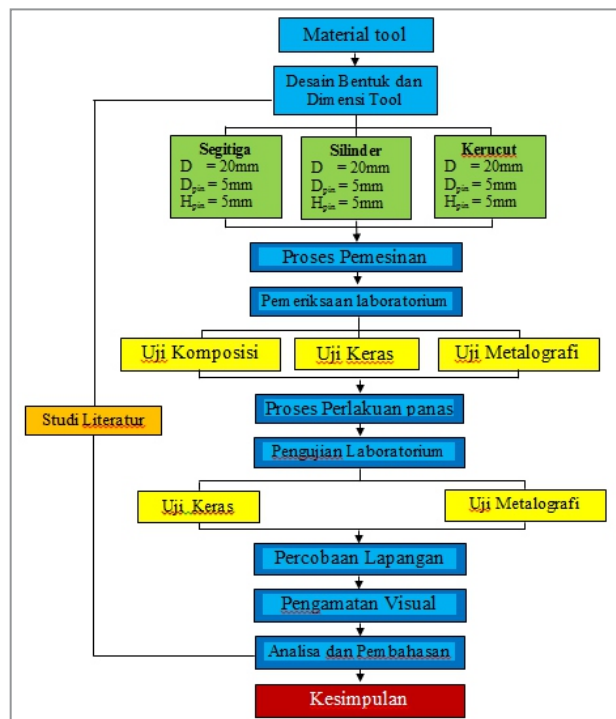
Tool geometry, terdiri dari dimensi dan perbandingan rasio dari perkakas dan panjang pin yang ditentukan oleh tebal material pelat yang akan dilakukan pengelasan, seperti pada Gambar 10 bentuk dan dimensi dari perkakas.



Gambar 10. Dimensi *tool* (Adit, 2012)

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini membahas tentang penelitian yang di mulai dari identifikasi material, desain bentuk dan dimensi perkakas, proses pemesian perkakas, proses perlakuan panas dan pengujian perkakas serta percobaan pengelasan pada perkakas yang telah selesai dibuat seperti pada Gambar 11. Adapun bahan, peralatan dan tahapan proses yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 11. Skema penelitian

Bahan material perkakas : baja perkakas H13 dan alat bantu untuk proses pemesian dan perlakuan panas perkakas. Mesin yang digunakan dalam proses pengelasan aduk friksi ini mesin fris vertikal.

Tahapan proses dalam penelitian ini dilakukan secara berurutan sebagai berikut :

- 1) Identifikasi material merupakan identifikasi pertama kali yang bertujuan untuk memilih dan mengetahui jenis material yang tepat terhadap proses yang akan dilakukan pada material yang dilakukan

- proses pengelasan yaitu material alumunium 5052.
- 2) Desain bentuk dan dimensi perkakas pada proses *friction stir welding* sangat mempengaruhi hasil pengelasan. Pada proses ini menggunakan 3 bentuk perkakas dengan ukuran yang sama.
 - 3) Kemudian dilakukan permesinan untuk membentuk perkakas yang telah di desain dan diukur.
 - 4) Setelah itu akan dilakukan uji laboratorium pada material perkakas untuk mengetahui komposisi kimia, kekerasan awal, dan bentuk mikro struktur dan makro struktur pada material perkakas.
 - 5) Dilakukan proses perlakuan panas, proses ini dilakukan menggunakan sampel terlebih dahulu agar dapat mengetahui parameter yang akan digunakan sebelum dilakukan pada material perkakas tersebut. Proses perlakuan panas dilakukan untuk mendapatkan kekerasan yang diinginkan, agar perkakas tidak mengalami kegagalan pada saat proses pengelasan berlangsung.
 - 6) Dilakukan kembali pengujian laboratorium untuk mengetahui hasil kekerasan dan struktur mikro setelah mengalami proses perlakuan panas.
 - 7) Setelah semua pengujian dilakukan terhadap material perkakas, maka akan dilakukan percobaan lapangan atau proses pengelasan pada material yang telah ditentukan. Kemudian dilakukan pengamatan visual terhadap hasil pengelasan yang menggunakan perkakas tersebut.
 - 8) Dilanjutkan dengan menganalisa perubahan pada perkakas tersebut setelah melakukan proses pengelasan, seperti kekerasan, struktur mikro pada pin dan perubahan dimensi perkakas.
 - 9) Kemudian kesimpulan dari semua proses yang dilakukan.

Pada penelitian ini material yang digunakan untuk shoulder adalah baja

paduan chrom-molybdenum (*Chrom-molybdenum alloy steel*) tipe H13 standar AISI (America) atau SKD 61 standar JIS (*Japan Industrial Standar*). Baja perkakas AISI H13 merupakan salah satu baja perkakas pengerjaan panas. Baja ini memiliki kombinasi kekuatan, ketahanan aus, dan ketangguhan yang sangat baik. Hasil komposisi kimia menunjukkan bahwa baja paduan ini yang sebagian besar dipengaruhi oleh unsur-unsur paduannya dan dapat digunakan untuk bahan *perkakas* karena memenuhi standar bahan baja paduan chrom-molybdenum AISI H13.

Berdasarkan aplikasinya baja jenis ini sering digunakan karena tahan terhadap pengerjaan panas, tahan gaya gesek. Aplikasinya ialah *tools for extrusion, hot pressing, moulds for plastics and hot forging*.

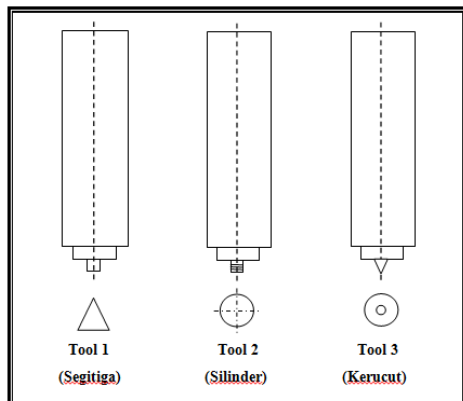
HASIL DAN PEMBAHASAN

Material yang digunakan pada perkakas untuk proses *Friction Stir Welding* yaitu baja AISI H13. Baja AISI H13 merupakan salah satu baja perkakas pengerjaan panas yang paling sering digunakan. Baja ini memiliki kombinasi kekuatan, ketahanan aus, dan ketangguhan yang sangat baik serta titik cair yang tinggi. Ditinjau dari sifat baja AISI H13, baja tipe ini cocok digunakan untuk perkakas *friction stir welding*. Bentuk dan ukuran material awal untuk perkakas seperti pada Gambar 12.

Pada proses perancangan pembuatan perkakas untuk proses *Friction Stir Welding* ini menggunakan 3 bentuk *perkakas* dan ukuran yang sama, dan bentuk pin yang berbeda seperti pada Gambar 13, dimana bentuknya adalah sebagai berikut : bentuk pin perkakas 1 = Segitiga, bentuk pin perkakas 2 = Silinder (ulir) dan bentuk pin perkakas 3 = Kerucut. Material yang telah diukur kemudian dilakukan proses pemesinan untuk menghasilkan perkakas yang sesuai dengan bentuk dan dimensi yang diinginkan dengan proses pemesinan bubut.



Gambar 12. Material perkakas



Gambar 13. Bentuk dan desain perkakas

Pengujian dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia, kekerasan, struktur mikro sebelum material perkakas dilakukan proses perlakuan panas untuk mendapatkan kekerasan yang sesuai dengan persyaratan. Dari hasil pengujian komposisi kimia di Laboratorium dengan metoda spektrometri pada material perkakas didapatkan hasil uji seperti pada Table 1.

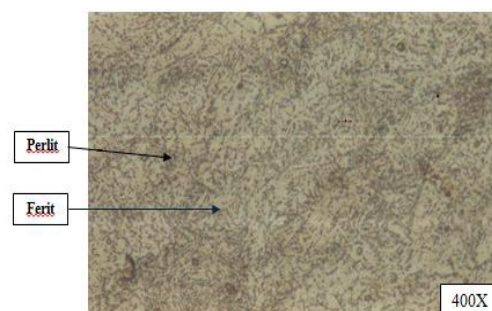
Tabel 1. Komposisi kimia material perkakas

Unsur	Komposisi Kimia (% Berat)
C	0.599
Si	1.25
Mn	0.426
P	0.0176
S	0.0039
Ni	0.0989
Cr	4.85
Mo	1.39
Al	0.0373
Cu	0.126
W	0.0127
Fe	90.3
V	0.909

Dari hasil pengujian komposisi kimia diatas diketahui komposisi yang terbesar yaitu kromium (Cr). Kandungan kromium berperan dalam pembentukan karbida-karbida seperti $Cr_{23}C_6$ dan Cr_7C_3 selama berlangsung proses *annealing*.

Dari hasil struktur mikro seperti pada Gambar 14 dapat dilihat dimana butir pada baja AISI H13 sebelum dilakukan perlakuan panas dengan pembesaran 100X dan 400X. Pada material ini terdapat fasa perlit dan fasa ferit, kedua fasa ini mempengaruhi harga kekerasan pada material, biasanya harga kekerasan yang di timbulkan masih relatif rendah.

Dari hasil uji kekerasan yang dilakukan pada material awal ini terbukti bahwa harga kekerasan yang dihasilkan sangat rendah dimana harga kekerasannya hanya sebesar 170HB atau 17HRC. Dilihat dari nilai kekerasan material ini yang masih sangat rendah maka diperlukan proses perlakuan panas agar menghasilkan nilai kekerasan yang tinggi sesuai prosedur pembuatan perkakas pada proses *friction stir welding*.

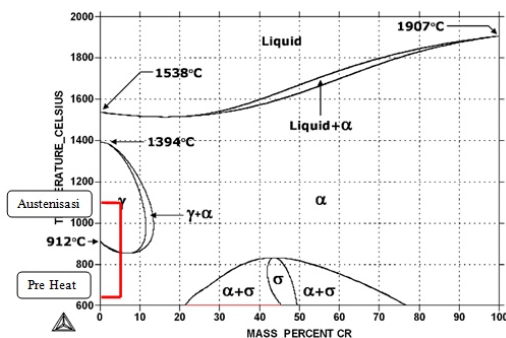


Gambar 14. Struktur mikro material awal

Dalam perancangan pembuatan perkakas diperlukan proses perlakuan panas, hal ini dilakukan untuk

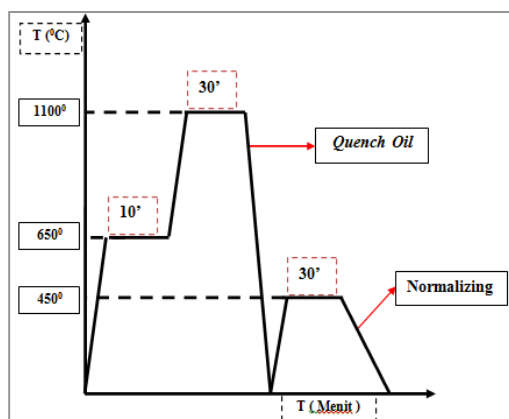
meningkatkan ketangguhan pada baja H13. Tipe perlakuan panas yang dilakukan pada tahapan ini yaitu *hardening* dan *tempering*. Dapat dilihat pada Gambar 15 dan Gambar 16.

Proses *hardening* dilakukan bertujuan untuk menghasilkan baja dengan kekerasan dan keuletan yang baik. Pada proses *hardening* pada tahapan ini dilakukan 2 proses yaitu, *austenisasi* dan *quenching* seperti pada skema proses perlakuan panas pada Gambar 17.



Gambar 15. Prinsip Perlakuan Panas (Niko, 2012)

Pada proses *austenisasi* material AISI H13 terlebih dahulu dilakukan proses *preheating* hingga temperatur 650°C dan ditahan selama 10 menit. Tujuan memanaskan dan menahan pada temperatur ini adalah untuk menghindari terjadinya *thermal shock* yang dapat menyebabkan *crack* atau retak yang dikarenakan perubahan temperatur yang drastis.



Gambar 16. Skema proses perlakuan panas

Kemudian material dipanaskan kembali hingga temperatur 1100°C dimana

pada temperatur ini mengakibatkan perubahan struktur kristal baja dari BCC (*Body Centered Cubic*) menjadi FCC (*Face Centered Cubic*). Setelah mencapai temperatur tersebut material ditahan selama 30 menit dan kemudian di*quench* pada media oli.

Pada tahap *quench* dengan menggunakan media oli, karena pada media ini laju pendinginannya pada tahap pembentukan lapisan uap dapat dikontrol sehingga dihasilkan karakteristik *quenching* yang homogen.

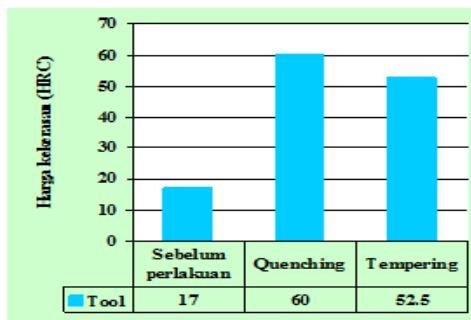
Proses *tempering* dilakukan karena pada proses *hardening* kondisi baja menjadi keras, namun getas. Pada proses *tempering* ini duktilitas pada baja dapat ditingkatkan dan strukturnya menjadi stabil namun kekerasannya menurun.

Pada proses ini dilakukan *tempering* tahap keempat yaitu pada temperatur 450°C. Baja yang telah didinginkan hingga temperatur kamar kemudian dipanaskan kembali hingga temperatur *temper* yaitu 450°C, setelah mencapai temperatur tersebut kemudian baja tersebut ditahan pada temperatur tersebut selama 30 menit, lalu kemudian tungku dimatikan dan material dibiarkan mendingin didalam tungku hingga temperatur kamar.



Gambar 17. Setelah proses perlakuan panas

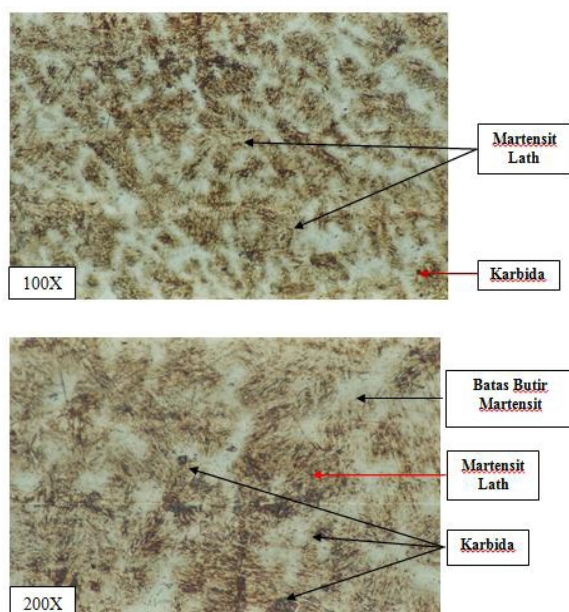
Pada tahapan ini dilakukan berbagai pemeriksaan pada material perkakas yang telah dilakukan proses perlakuan panas seperti pada Gambar 17. Pemeriksaan yang dilakukan yaitu uji keras dan struktur mikro. Setelah dilakukan proses perlakuan panas harga kekerasan pada material perkakas mengalami perubahan dan dapat dilihat pada Gambar 18 dibawah ini.



Gambar 18. Hasil uji kekerasan

Dari data diatas didapatkan perubahan harga kekerasan pada material perkakas dimana harga kekerasan pada saat proses *hardening* meningkat namun pada tahapan tersebut material AISI cenderung memiliki sifat yang getas. Pada proses *temper* harga kekerasannya menurun namun duktilitasnya meningkat, tetapi pada harga kekerasan tersebut telah mencapai nilai kekerasan yang diinginkan dari proses pengerjaan panas.

Setelah dilakukan perlakuan panas maka dilakukan kembali pengujian struktur mikro untuk melihat perubahan apa yang terjadi pada material perkakas. Spesimen Baja H13 di etsa menggunakan larutan nital 4%. Dari hasil etsa dengan menggunakan nital 4% selanjutnya dapat di lakukan pemeriksaan metalografi.



Gambar 19. Struktur mikro Setelah proses perlakuan panas

Dari Gambar 19 dapat dilihat struktur mikro pada material perkakas dengan pembesaran 100X. Pada pembesaran ini karbida yang terbentuk masih belum terlihat jelas, dan martensit yang terbentuk masih belum terlihat jelas. Dari data diatas dapat dilihat struktur mikro pada material dengan pembesaran 200X. Pada pembesaran ini terlihat struktur karbida dan martensit dengan struktur *lath*.

Karbida yang terbentuk umumnya dikarenakan unsur-unsur pemuatan pada baja seperti karbon, mangan, chrom, wolfram, molibdenum dan vanadium. Secara teori, jika ditinjau dari unsur chrom pada baja tipe ini yaitu 3% - 4% serta unsur karbon yang kurang dari 0.8%, maka diketahui jenis karbida yang terdapat pada baja tipe ini.

Karbida yang timbul dikarenakan proses *tempering*, dimana terjadi pembentukan karbida kompleks yang kuat. Martensit yang terbentuk pada gambar diatas yaitu martensit dengan struktur *lath*. Martensit ini terbentuk *lath* biasanya dipengaruhi oleh adanya unsur kandungan karbon sebesar 0 – 0.6%. Martensit ini terbentuk pada saat proses *quenching*.

Pada fasa martensit terdapat batas butir yang timbul disekitar martensit, namun pada hasil penelitian ini batas butir yang timbul sulit untuk dilihat secara jelas karena keterbatasan penelitian. Setelah dilakukan semua percobaan dan didapatkan hasil yang diinginkan, kemudian dilakukan percobaan lapangan untuk melihat hasil lasan yang ditimbulkan oleh perkakas yang telah dirancang. Sebelum dilakukan percobaan pengelasan, pin pada perkakas dibersihkan terlebih dahulu dari kerak yang timbul pada saat proses *quenching*. Hal ini dilakukan agar tidak adanya pengotor yang dapat tercampur pada logam cair pada saat proses pengelasan.

Proses pengelasan dilakukan pada tiga bentuk perkakas dengan parameter proses yang sama dan setiap dilakukan empat kali proses pengelasan dengan parameter proses yang berbeda seperti pada Gambar 20 dibawah ini.



Gambar 20. Proses pengelasan FSW

Dari data Tabel 2 diketahui pada ketiga perkakas mengalami perbedaan hasil pengelasan, dimana pada perkakas 1 (segitiga) dan perkakas 3 (kerucut) selalu mengalami kegagalan sedangkan pada perkakas 2 (Silinder ulir) berhasil dalam proses pengelasan. Hal ini disebabkan pada pin perkakas 1 dan perkakas 3 tidak adanya ulir sedangkan pada pin perkakas 2 terdapat ulir. Fungsi ulir pada pin perkakas yaitu agar pada saat proses pengelasan pin perkakas mendapatkan daya makan yang baik serta dapat mengaduk logam yang cair dengan sempurna.

Tabel 2. Data proses pengelasan dan hasilnya

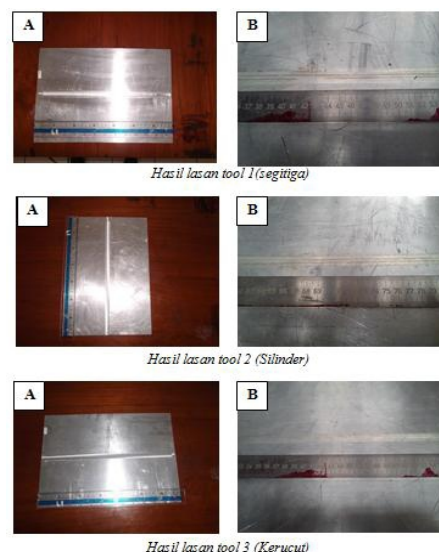
No	Tool	RPM	Travel Speed	Kemiringan Tool	Keterangan
1	Tool 1	1300 RPM	20mm/m	0°	Cacat
		1400 RPM	20mm/m	2°	Cacat
		1500 RPM	10mm/m	2°	Cacat
		1500 RPM (Penambahan Ulir)	10mm/m	2°	Sukses
2	Tool 2 (Ulir)	1300 RPM	20mm/m	0°	Cacat
		1400 RPM	20mm/m	2°	Sukses
		1500 RPM	10mm/m	2°	Sukses
		1500 RPM	10mm/m	2°	Sukses
3	Tool 3	1300 RPM	20mm/m	0°	Cacat
		1400 RPM	20mm/m	2°	Cacat
		1500 RPM	10mm/m	2°	Cacat
		1500 RPM (Penambahan Ulir)	10mm/m	2°	Sukses

Untuk mendapatkan hasil yang maksimal maka pada ketiga perkakas yang dipakai pada pin perkakas masing-masing ditambahkan ulir. Dari percobaan pengelasan yang dilakukan parameter proses optimum didapatkan pada RPM/1400 dan dan *Travel Speed* = 10 mm/menit

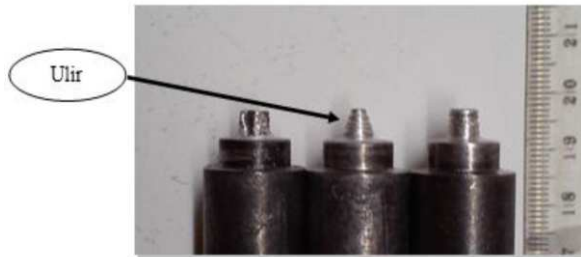
pada perkakas yang berbentuk silinder atau perkakas tipe 2. Setelah dilakukan proses pengelasan maka hasil lasan dan bentuk pin perkakas akan diamati secara visual. Dari hasil lasan seperti terlihat pada Gambar 21 di bawah hasil lasan pada perkakas 1, 2, dan 3 dimana lasan yang ditimbulkan tidak terdapat cacat yang terlihat oleh kasat mata, serta penetrasi pada hasil lasannya terisi sempurna. Hal ini dapat dikatakan hasil lasan yang dilakukan tidak mengalami kegagalan dan menghasilkan lasan yang dinilai baik secara visual atau kasat mata.

Setelah proses pengelasan *Friction Stir Welding* selesai dilakukan, maka pin dari perkakas tersebut diamati secara visual atau kasat mata. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah pin dari perkakas tersebut mengalami perubahan dimensi atau mengalami cacat.

Setelah ditinjau secara visual diketahui pin dari bagian *perkakas* tersebut tidak mengalami perubahan dimensi dan tidak terdapat cacat. Hal ini disebabkan karena pada sifat material ini yang mempunyai kestabilan dimensi pada saat perlakuan terhadap panas. Hasil ini dapat dilihat pada Gambar 22, namun pada perkakas 1 terdapat bagian dari logam yang dilas menempel pada pin perkakas 1, tetapi hal ini tidak dikatakan cacat pada perkakas 1 karena logam yang menempel tersebut dapat dibersihkan.



Gambar 21. Hasil percobaan pengelasan



Gambar 22. Kondisi perkakas setelah pengelasan

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil proses perancangan pembuatan perkakas untuk proses *Friction Stir Welding* dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

Pada penelitian pembuatan perkakas *friction stir welding* ini menggunakan material baja AISI H13 sebagai perkakas. Pada pengujian komposisi pada baja AISI H13 diketahui komposisi yang terbesar yaitu kromium (Cr). Nilai kekerasan pada baja AISI H13 setelah dilakukan proses *hardening* yaitu sebesar 60HRC dan setelah dilakukan proses *tempering* harga kekerasannya menurun menjadi 52.5 HRC. Pada pin perkakas 1 dan perkakas 3 ditambahkan ulir, tujuannya agar memaksimalkan pin perkakas untuk mendapatkan daya makan yang baik. Hasil lasan yang terbaik ditimbulkan oleh perkakas 2, karena dilihat secara visual hasil lasannya lebih halus di bandingkan dengan perkakas 1 dan perkakas 3. Pada pin perkakas 1,2, dan 3 yang telah dilakukan proses pengelasan tidak mengalami perubahan dimensi dan perubahan bentuk.

Saran

Sebaiknya dilakukan percobaan pengelasan untuk mengetahui umur pakai dari perkakas tersebut sehingga didapatkan nilai ekonomisnya dalam produksi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Dr.Ing. Supono Adi Dwiwanto, Seksi Pemesinan dan Pengelasan BBLM beserta

stafnya yang telah memberikan dan menyediakan fasilitas percobaan dan sumbangan pikiran dalam penyusunan materi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adit, 2012, Pengaruh Bentuk Pin Ulir Shoulder Pada Pengelasan Similar Al 2024 T3 Dengan Metode *Friction Stir Welding*, Teknik Metalurgi Unjani
- Andri, 2012, Pengaruh kecepatan rotasi (rpm) shoulder pada pengelasan silimar Al 2024 T3 dengan metode *friction stir welding*, Teknik Metalurgi Unjani,, hal 22
- ASM Handbook, 1993, Vol 7, Al 5052 T3, pp.246.4 hal.111
- ASME, Friction Stir Welding added as an acceptable welding process for VIII-1 construction
- AWS D17.3/D17.3M, 2010, *Specification for Friction Stir Welding of Aluminum Alloys for Aerospace Hardware*
- ESAB *Technical Handbook Friction Stir Welding*
- Krauss, G., 1995, Principles of Heat Treatment of Steel, American Society for Metals, Ohio, USA
- Kurokawa, Hideaki, 2012 " *Friction Stir Welding – FUNDAMENTAL* ", Kawasaki Heavy Industries, Ltd.
- Niko, 2007, Studi Pengaruh Temperatur Hardening Ardening, Temperatur Tempering, Dan Jumlah Tempering Terhadap Ketangguhan Dan Kekerasan Baja Perkakas Aisi H13, Tugas Akhir, ITB, Bandung, Jbptitbpp-gdl-nikonim121-27057-3-2007ta-2.pdf, tanggal unduh 8 Desember 2014
- R. Raj, A. De, H. K. D. H. Bhadeshia and T. DebRoy, " *Friction Stir Welding Tools* Standard AISI H-13 Tool Steel, Steel Metalindo, Jawa Barat
- Standard Aluminium 5052, Steel Metalindo, Jawa Barat
- The approval friction stir welding in aluminium, American Bureau of Shipping Incorporated by Act of*

- Legislature of the State of New York 1862* hal 92
- W. M. Thomas, P. L. Threadgill and E. D. Nicholas, 1994, Feadsibility of Friction Stir Welding Steel, Sci. Technol. Weld. Join., 4, (6), 365-372
- Yustiasih, P dan Soep, Optimasi Hasil Pengelasan FSW (*Friction Stir Welding*) Dengan Variasi Panjang Indentor Tool, Teknik Metalurgi Unjani